

ОПЫТ ОСВОЕНИЯ ПРОЕКТНОЙ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ПУСКОНАЛАДОЧНЫХ РАБОТАХ И ВВОДЕ БЛОКА В ПРОМЫШЛЕННУЮ ЭКСПЛУАТАЦИЮ

С.Л. Витковский, А.П. Данилов, М.Г. Щедрин, И.А. Колягина

*Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Нововоронежская атомная станция»
396072, Воронежская обл., г. Нововоронеж, Промышленная зона Южная, 1*



Рассматриваются результаты освоения проектной химической технологии при вводе в эксплуатацию инновационного блока № 1 НВАЭС-2 с ВВЭР-1200. Проектная химическая технология состоит из требований к качеству теплоносителей первого и второго контуров, циркуляционной охлаждающей воды (включая воду ответственных потребителей), растворов, используемых при эксплуатации систем безопасности, а также требований к технологическим средствам, обеспечивающим поддержание их качества. Операции по наладке водно-химического режима играют важную роль на всех этапах ввода в эксплуатацию и освоения мощности. Выполнен анализ этапов расконсервации и промывки основных систем и оборудования, технических решений, использованных при организации процесса водоподготовки, водно-химических режимов основных и вспомогательных контуров, спецводоочистки. Отмечены сильные стороны проекта, такие как использование обратного осмоса в качестве одного из ступеней водоподготовки; использование на системе байпасной очистки продувочной воды фильтров высокого давления. Рассмотрены проблемные вопросы, возникшие в ходе пусковых работ при расконсервации оборудования, переработке радиоактивных трапных вод и в системе оборотного водоснабжения. Проанализированы недостатки проекта, а также вопросы, которые могут возникнуть в процессе длительной эксплуатации, и предложены пути их решения: предусмотреть для переработки радиоактивных трапных вод референтную технологию и оборудование; исключить из технологии расконсервации внутренних поверхностей ТГ смывки хлорсодержащими углеводородами; применять в системе циркуляционного водоснабжения с градирнями обработку добавочной воды ингибиторами, обеспечивающими транспорт кальция со значением, близким к 100%, или предусмотреть для южных АЭС известкование всей добавочной воды для минимизации карбонатного индекса.

Ключевые слова: химическая технология, водно-химический режим, водоподготовка, спецводоочистка, промывка, пассивация, отложения, реагенты.

ВВЕДЕНИЕ

Проектная химическая технология для обеспечения ввода блока атомной электростанции с реакторной установкой ВВЭР-1200 должна включать в себя требования к качеству теплоносителей основных технологических сред:

© С.Л. Витковский, А.П. Данилов, М.Г. Щедрин, И.А. Колягина, 2017

- теплоносителя первого контура;
- рабочей среды второго контура;
- циркуляционной охлаждающей воде (включая воду ответственных потребителей);
- растворов, используемых в системах безопасности,

а также требования к технологическим средствам, обеспечивающим поддержание их качества. Операции по наладке водно-химического режима играют важную роль на всех этапах ввода в эксплуатацию и освоения мощности реакторной установки [1].

ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ ОСНОВНЫХ СИСТЕМ И ОБОРУДОВАНИЯ

В рамках подготовки к работе основных систем и оборудования производится удаление с поверхностей оборудования консервирующих сред (при их наличии) и их последующая промывка до заданных критериев чистоты.

1. Целью промывки систем реакторного отделения является окончательная очистка внутренних поверхностей оборудования и трубопроводов первого контура и подготовка к формированию защитной оксидной пленки. Промывка проводилась химобессоленной водой (ХОВ).

До ввода в эксплуатацию проектной водоподготовительной установки (ВПУ) АЭС-2 использовалась ХОВ от действующей АЭС, для чего был проложен подземный трубопровод, соединяющий ВПУ действующей и сооружаемой АЭС. Решение о соединении ВПУ нескольких энергоблоков Нововоронежской АЭС позволило не только обеспечить в необходимом количестве химически обессоленной водой заданного качества строящийся блок, но и повысить надежность системы обеспечения ХОВ для подпитки действующих.

Высокое качество промывки систем реакторного отделения подтвердилось низким содержанием примесей в воде первого контура при проведении циркуляционной промывки и горячей обкатки реакторной установки.

В процессе горячей обкатки осуществлена пассивация внутренних поверхностей первого контура с применением слабощелочного раствора гидроксида калия по проектной технологии с целью формирования однородной защитной оксидной пленки за счет продолжительного взаимодействия внутренних поверхностей первого контура со щелочной восстановительной средой.

Данная технология была разработана Институтом ядерных исследований и Институтом неорганической химии Чехии и успешно внедрена на энергоблоках №1 и 2 АЭС «Моховце» и энергоблоках №1 и 2 АЭС «Темелин» в периоды проведения «горячей обкатки» [2 – 4]. Результаты эксплуатации энергоблоков АЭС «Темелин» в течение последующих топливных кампаний показали наиболее низкие уровни концентрации и активности продуктов коррозии в теплоносителе, а также сравнительно умеренные радиационные поля в периоды стоянок по сравнению с другими действующими энергоблоками ВВЭР. Средние уровни активности типичных продуктов коррозии были даже ниже чем для продуктов активации примесей и продуктов деления. Данный факт обусловлен аномально низким выносом в теплоноситель первого контура продуктов коррозии благодаря созданию устойчивой защитной пленки на поверхности первого контура [5].

2. Процедура промывки оборудования второго контура предназначена для проведения очистки и отмытки от продуктов коррозии, коррозионно-агрессивных примесей (хлоридов, фторидов), остатков консерванта и монтажных загрязнений с внутренних поверхностей корпусов, внутрикорпусных устройств и теплообменной поверхности парогенераторов.

Водная промывка химически обессоленной водой конденсатно-питательного тракта без применения химических реагентов показала низкую ее эффективность в части отмытки от продуктов коррозии, что негативно сказалось на работе конденсатных насосов при наборе нагрузки вследствие забивания продуктами коррозии сеток на их всасе.

3. Расконсервация внутренних поверхностей турбины проектными смывками на основе хлористого метилена привела к тому, что остатки хлористого метилена при наборе нагрузки попали в парогенераторы, где подверглись высокотемпературному гидролизу с образованием соляной кислоты, что создало серьезные проблемы при очистке котловой воды от примесей.

Расконсервация внутренних поверхностей турбины с применением смывок на основе хлорсодержащих углеводородов недопустима из-за отсутствия тщательной очистки расконсервированных поверхностей от остатков смывок.

ВОДОПОДГОТОВИТЕЛЬНАЯ УСТАНОВКА

В соответствии с проектом процесс подготовки воды на энергоблоке №1 НВАЭС-2 состоит из следующих стадий:

- предварительная очистка воды с применением установок ультрафильтрации;
- механическая фильтрация;
- установки УФ-обеззараживания;
- установки обратного осмоса;
- противоточные ионообменные фильтры (технология АПКОРЕ);
- глубокое обессоливание воды на фильтрах смешанного действия с выносной регенерацией.

Производительность установки по частично обессоленной воде для брызгальных бассейнов составляет 90 м³/ч, по химически обессоленной воде – 165 м³/ч.

Принципиально новым решением явилось применение технологии очистки воды р. Дон от растворов солей с использованием обратного осмоса в качестве одной из ступеней водоподготовки.

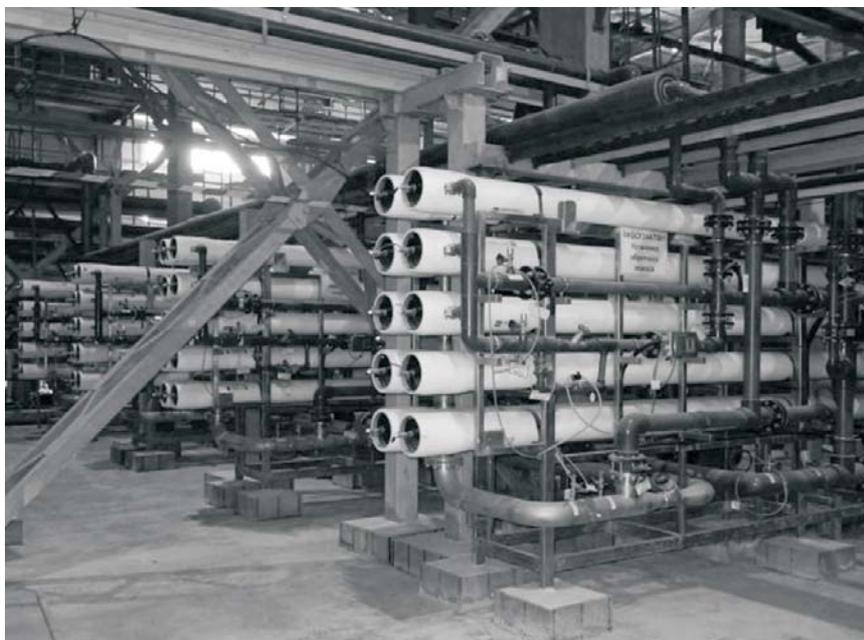


Рис. 1. Модули обратного осмоса

Пять обратноосмотических модулей (рис. 1) производительностью по фильтрату 80 м³/ч каждый обеспечивают очистку воды р. Дон до содержания солей, соответствующего электропроводности 11 мкСм/см, исходная вода имеет электропроводность от 400 до 550 мкСм/см.

Предварительная очистка обрабатываемой воды от дисперсных примесей методом коагуляции с применением сернокислого алюминия (коагулянт подбирался экспериментально) с последующей ультрафильтрацией позволяет снизить шламовую нагрузку на обратноосмотические мембраны до приемлемых величин, а применение антискаланта исключает забивание обратноосмотических мембран кальцитом.

Основное количество фильтрата направляется на подпитку брызгательных бассейнов системы охлаждения воды ответственных потребителей для обеспечения ее безнакипного водно-химического режима.

Для получения химобессоленной воды высокого качества фильтрат после обратного осмоса проходит доочистку на ионообменных фильтрах по классической схеме: катионитовый фильтр - анионитовый фильтр - фильтр смешанного действия.

Полученная таким образом ХОВ используется для заполнения и подпитки в системах турбинного и реакторного отделений. Качество ХОВ по солесодержанию приближается к качеству теоретически чистой воды, а содержание общего органического углерода не превышает 100 мкг/дм³, что превосходит аналогичный показатель ХОВ, полученной без применения обратного осмоса.

Применение технологии обратного осмоса при получении ХОВ значительно сокращает использование реагентов, что повышает экологическую безопасность производства ХОВ за счет сокращения сбросов высокоминерализованных вод, образованных в результате восстановления работоспособности ионообменных фильтров [6 – 11].

По расчетам применение интегрированных мембранных технологий в сочетании с ионным обменом для целей подготовки воды в энергетике позволяет добиться значительного снижения себестоимости обессоленной воды по сравнению с типовыми отечественными технологическими решениями водоподготовки [12].

Эффективная работа обратноосмотической установки возможна при условии высокой степени автоматизации процессов, что и было реализовано.

СИСТЕМА ОБОРОТНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Система оборотного водоснабжения энергоблока спроектирована по замкнутой оборотной схеме водоснабжения с башенной испарительной градирней на естественной тяге с противоточной схемой движения охлаждаемой воды и воздуха. Охлаждение в градирне происходит за счет теплоотдачи при контакте воды с воздухом и за счет ее испарения на асбоцементных листах [13]. Принципиальная схема оборотного водоснабжения приведена на рис. 2.

В качестве подпиточной воды используется вода р. Дон, имеющая высокое солесодержание, в том числе высокое содержание бикарбоната кальция, который способствует образованию низкотемпературных отложений как на теплоотдающих поверхностях, так и на оросителях градирен. Проектом допускается коэффициент упаривания подпиточной воды в системе оборотного водоснабжения, равный величине 2,4.

Скорость образования отложений оценивается за счет упаривания и низкотемпературного накипеобразования по транспорту кальция, величина которого должна быть не ниже 90%. В период наивысшей концентрации солей в воде р. Дон транспорт кальция в системе не превысил 80%, что может привести к негативным последствиям для поддержания вакуума в конденсаторе турбогенератора и снизить охлаждающую способность башенной испарительной градирни.

В качестве охладителей в системе охлаждающей воды ответственных потребителей используются брызгальные бассейны. В целях сокращения потребления воды для брызгальных бассейнов приняты следующие технические решения:

- оборотные схемы охлаждения;
- повторное использование очищенных промышленных, производственно-ливневых, бытовых и прочих стоков в технологическом цикле АЭС.

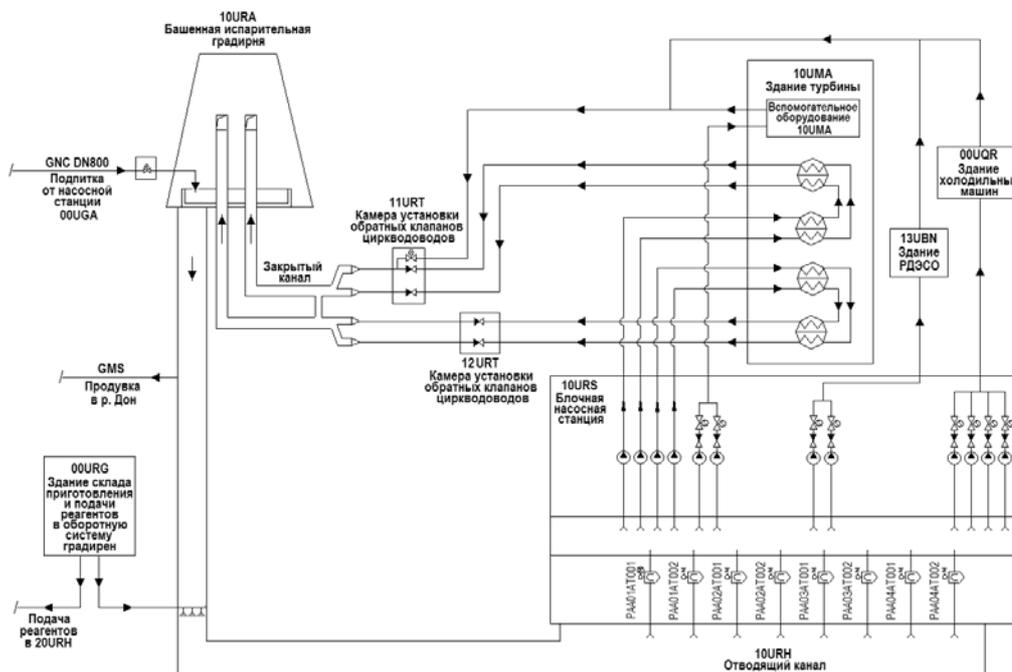


Рис. 2. Принципиальная схема оборотного водоснабжения энергоблока №1 НВАЭС-2

Основными проблемами брызгальных бассейнов являются

- образование карбонатных отложений на охлаждаемых поверхностях и связанная с этим процессом подшламовая коррозия конструкционных материалов оборудования;
- образование радиоактивных илов;
- образование на поверхностях оборудования органических пленок, на которых происходит осаждение взвешенных частиц, усиливающих тенденции к илообразованию;
- наличие биологического обрастания элементов трубопроводов и оборудования, охлаждаемых водой брызгальных бассейнов, и непосредственно самих брызгальных бассейнов.

Одним из способов поддержания оптимального водно-химического режима системы оборотного охлаждения является коррекционная обработка охлаждающей воды химическими реагентами [14 – 15]. Для обеспечения оптимальной работы водоохлаждаемого оборудования в безнакипном режиме, снижения скорости коррозии и шламообразования проектом предусмотрена обработка подпиточной воды системы ингибитором коррозии и карбонатных отложений с товарным названием «Акварезалт 1010» производства ООО «ЛВТ», состоящим, в основном, из смеси алкилфосфоновых и поликарбонатовых кислот. Полный состав производителем не раскрывается.

Обычно проводятся стендовые испытания для определения влияния ингибитора на скорость отложений на теплоотдающих поверхностях, но стендов, имитирующих процессы, протекающие в градирнях, в РФ не существует.

Ингибиторы солеотложения и коррозии подаются насосом-дозатором в трубопровод циркуляционной воды пропорционально величине подпитки.

Для защиты от биологического обрастания теплообменного оборудования и трубопроводов системы охлаждения проводится периодическая обработка воды системы от биообрастания биоцидом марки «Акварезалт Б-3», рекомендованным проектом.

Дозирование реагентов производится насосом-дозатором в брызгальный бассейн.

По результатам визуальных осмотров башенной испарительной градирни наблюдается образование светло-серых отложений, особенно в нижней части оросителей. От-

ложения присутствуют и в верхней части оросителей и на каплеотбойниках. Анализ отобранных отложений показал, что они на 95% состоят из карбоната кальция.

Установлен мониторинг процесса накипеобразования, результатом может стать замена используемого ингибитора, рекомендованного проектом, или сооружение установки известкования всей подпиточной воды системы.

Расчетный годовой расход реагентов марки «Акварезалт» составит 100 тонн/год, что по затратам сопоставимо со всеми остальными затратами на обеспечение химической технологии блока.

ВОДНО-ХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ВТОРОГО КОНТУРА

Для второго контура энергоблока №1 НВАЭС-2 предусмотрен щелочной этаноламиновый восстановительный водно-химический режим с коррекционной обработкой питательной воды и конденсата этаноламином, аммиаком и гидразингидратом (ЭТА ВХР).

Одной из важнейших задач организации ЭТА ВХР второго контура является минимизация скорости коррозионно-эрозионного износа оборудования для повышения надежности его работы и уменьшение выноса продуктов коррозии конструкционных материалов в парогенератор. Особенно сложной задачей является подавление коррозии-эрозии оборудования, работающего в области влажного пара и двухфазных потоков. Именно эта область пароводяного тракта второго контура обуславливает значительную долю поступления железа в питательную воду. Для подавления этого вида коррозии одним из ключевых факторов является значение pH водной среды, образующейся на поверхности металла при конденсации пара [16].

Целью использования ЭТА в качестве корректирующего реагента для поддержания pH рабочей среды второго контура является минимизация скорости коррозионно-эрозионного износа оборудования второго контура и уменьшение выноса продуктов коррозии конструкционных материалов в парогенератор за счет снижения коэффициента распределения ЭТА в паре и воде по сравнению с традиционным гидразинно-аммиачным режимом [17 – 18]. Наиболее существенным является повышение величины pH в области двухфазных потоков – сепарате пароперегревателя и конденсате греющего пара подогревателя высокого давления. Именно эти потоки вносят существенный вклад в общую концентрацию железа в питательной воде парогенератора. ЭТА ВХР позволяет выровнять величину pH в потоках второго контура, особенно в двухфазных средах, и устойчиво поддерживать величину pH питательной и продувочной воды парогенератора на установленном нормами уровне.

Гарантированная заводом-изготовителем непротечность конденсаторов по присосам охлаждающей воды в паровое пространство не должна превышать 0,00001% от расхода пара в конденсаторы (0,35 дм³/ч). Контрольная величина присоса охлаждающей воды для блока №1 с учетом ее качества равна 14 дм³/ч.

Предусмотренные проектом конденсаторы турбогенераторов с титановыми трубками и двухслойными (сталь-титан) трубными досками обеспечивают заданную гидравлическую плотность и, соответственно, минимальное количество присосов охлаждающей воды.

Система очистки продувочной воды парогенераторов состоит из последовательно включенных механического H-катионитного фильтра и фильтра смешанного действия, работающих под высоким давлением: номинальное давление 6,9 мПа, максимальное – 8,9 мПа. Использование на системе байпасной очистки котловой воды фильтров высокого давления, работающих при давлении второго контура, позволило значительно увеличить величину продувки солевых отсеков парогенераторов.

Применение вышеуказанного оборудования и технологии позволило поддерживать ВХР второго контура в соответствии с требованиями норм, а после ввода блока в промышленную эксплуатацию по содержанию примесей на уровне менее 30% от нормированных значений.

ВОДНО-ХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ПЕРВОГО КОНТУРА

Водно-химический режим первого контура при вводе энергоблока в эксплуатацию должен обеспечивать

- минимальную скорость коррозии конструкционных материалов оборудования и трубопроводов;
- подавление образования окислительных продуктов радиолиза теплоносителя первого контура при работе блока на мощности;
- минимальное количество отложений на поверхностях тепловыделяющих сборок и теплообменной поверхности парогенераторов;
- минимизацию накопления активированных продуктов коррозии в первом контуре [19 – 20].

Качественная промывка ХОВ первого контура и смежных систем на этапах пролива систем на открытый реактор, в период холодной промывки и горячей обкатки реакторной установки, а также высокая готовность технических средств коррекции и поддержания качества теплоносителя первого контура позволили в период физпуска и энергопуска в короткий срок выйти на проектный водно-химический режим первого контура.

СИСТЕМЫ СПЕЦВОДОЧИСТКИ

На энергоблоке №1 НВ АЭС-2 проектом предусмотрена принципиально новая технология переработки радиоактивных трапных вод, которая заключается в предварительной дезактивации трапных вод переводом радионуклидов в шлам с последующим цементированием радиоактивного шлама (рис. 3)

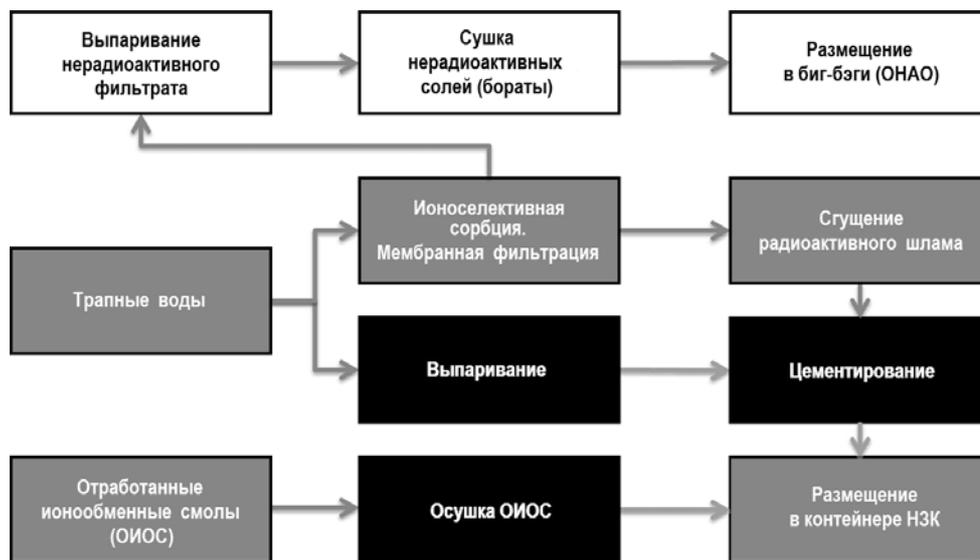


Рис. 3. Схема переработки радиоактивных трапных вод

Трапная вода после дезактивации концентрируется до высокого солесодержания с последующим высушиванием и получением свободного от радионуклидов порошка.

Новизна состоит в том, что при такой переработке трапных вод не должно образовываться жидких радиоактивных отходов в виде кубового остатка выпарных аппаратов, дальнейшая переработка которого требует специального оборудования и повышенных дозозатрат.

Несмотря на усилия разработчиков технологии, пусконаладочной организации и персонала АЭС желаемого результата не получено. НВ АЭС совместно с проектантами

работают над созданием референтной системы переработки радиоактивных трапных вод.

ВЫВОДЫ

Внесенные изменения в типовые проектные решения по системам поддержания водно-химических режимов теплоносителя первого и второго контуров полностью себя оправдали, настройка водных режимов в период проведения испытаний РУ осуществлялась мобильно. После ввода блока в промышленную эксплуатацию эти системы обеспечивают высокое качество теплоносителей первого и второго контуров. К сильным сторонам проектной химической технологии можно отнести следующие решения: использование обратного осмоса в качестве одной из ступеней водоподготовки; использование на системе байпасной очистки продувочной воды фильтров высокого давления.

Вместе с тем, в период освоения проектной химической технологии на энергоблоке №1 НВ АЭС-2 выявились три проблемы, которые необходимо решить при сооружении новых блоков.

1. Предусмотреть для переработки радиоактивных трапных вод референтную технологию и оборудование.
2. Исключить из технологии расконсервации внутренних поверхностей ТГ смывки хлорсодержащими углеводородами.
3. Применять в системе циркуляционного водоснабжения с градирнями обработку добавочной воды ингибиторами, обеспечивающими транспорт кальция со значением, близким к 100%, или предусмотреть для южных АЭС известкование всей добавочной воды для минимизации карбонатного индекса.

Литература

1. Сааков Э.С., Рясный С.И. Ввод в эксплуатацию энергоблоков АЭС. – М.: Энергоатомиздат, 2007. – 496 с.
2. Zmitko M., Kysela J., Marcinsky P., Bolcha J., Subrt J. Water Chemistry and Operational Experience during Hot Functional Tests at Mochovce and Temelin NPPs // Water Chemistry of Nuclear Reactor Systems, BNES. – 2001. – No. 8. – PP. 476-478.
3. VVER Operational Experience – Surface Preconditioning and its Effect on Radiation Situation / Water Chemistry Improvements at NPPs, SFEN. – Avignon, France, 22-26 April 2002.
4. Zmitko M. (Nuclear Research Institute, Czech Republic). Primary Water Chemistry Experience in the Czech NPPs / IAEA Regional Workshop on Impact of Water Chemistry on Primary Circuit Component Integrity South Ukraine NPP, 17-21 November 2003.
5. Сусакин С.Н., Брыков С.И., Задонский Н.В., Быстрова О.С. Водно-химический режим первого контура для АЭС с ВВЭР-ТОИ. VIII МНТК ОАО «Концерн «Росэнергоатом» «Водно-химический режим АЭС». Москва, 23-25 октября 2012.
6. Артемьев А.М., Алибеков С.Я. Физико-химические основы процесса водоподготовки // Журн. науч. публикаций аспирантов и докторантов. – 2010. – № 10 (52). – С. 123-124.
7. Верхошенцева Н.Н., Давлетшина Г.И. Опыт эксплуатации установок обратного осмоса в системах водоподготовки энергетических и металлургических объектов ОАО «ММК» // Энергосбережение и водоподготовка. – 2006. – № 5. – С. 25-27.
8. Волков В.Н., Горбунов С.А. Современные технологии обратного осмоса и ионного обмена в системах водоподготовки теплоснабжения: эффективность и экологичность // Энергосбережение и водоподготовка. – 2010. – № 4 (66). – С. 13-15.
9. Первов А.Г., Бондаренко В.И., Балаев И.С., Кукушкин Д.А. Обратный осмос и ионный обмен: какая технология победит в водоподготовке XXI века? // Экология производства (прил. Энергетика). – 2006. – № 1. – С. 1-5.
10. Первов А.Г., Бондаренко В.И., Жабин Г.Г. Применение комбинированных систем обратного осмоса и ионного обмена для подготовки питательной воды паровых котлов // Энергосбережение и водоподготовка. – 2004. – № 5 (32). – С. 25-27.
11. Гусев Б.А., Курпиков Д.А., Костин М.М., Мирошниченко И.В. Опыт эксплуатации систе-

мы приготовления воды высокой чистоты. / Труды третьего научно-технического совещания «Проблемы и перспективы развития химического и радиохимического контроля в атомной энергетике», 13-15 сентября 2007. г. Сосновый Бор, ФГУП «НИТИ им. А.П. Александрова», 2007. – С. 59.

12. Громов С.Л., Пантелеев А.А. Повышение эффективности энергетического оборудования / Материалы V Юбилейной Всероссийской научно-практической конференции «Технологические решения, повышающие экономическую эффективность и экологическую безопасность водоподготовительных установок», 1-2 ноября. 2010. – Иваново: ИГЭУ, 2010. – С. 136-143.

13. Третьякова К.Б. Анализ конструктивных особенностей испарительных градирен башенного типа на их тепловую эффективность / VI Всероссийская научная конференция с международным участием «Теплофизические основы энергетических технологий» / Томский политехнический университет. – Томск, – 2015.

14. РД 210.006-90 «Правила технологического проектирования атомных станций (с реакторами ВВЭР)». – М.: Министерство атомной энергетики и промышленности СССР, 1990. – 221 с.

15. Боднарь Ю.Ф. Оптимизация водно-химического режима оборотных систем охлаждения с градирнями // Энергосбережение и водоподготовка. – 2008. – № 3. – С. 8-11.

16. Smiesko, J. Bystriansky, A.Szalo Use of Ethanolamine for Alkalisiation of Secondary Coolant First Experience at VVER Reactor. International Conference «Chemistry in water reactors», SPEEN, Avignon, France, 22 -26 April, 2002.

17. Рощеттаев Б.М. Водно-химический режим АЭС с реакторами ВВЭР-1000 и БМК-1000. / Учебное пособие. – М.: НИЯУ МИФИ, 2010. – 132 с.

18. Шутиков А.В., Савченко В.Е., Виграненко Ю.М., Хрусталеv В.А. Пути совершенствования водно-химического режима второго контура АЭС с ВВЭР-1000 // Известия Томского политехнического университета. – 2008, – Т. 312. – № 2. – С. 39-43.

19. Александров А.Б., Бабушкин А.В., Белозёров И.М. и др. О корректировке водно-химического режима теплоносителя первого контура отечественных реакторов типа ВВЭР / Безопасность, эффективность и экономика атомной энергетики. Тезисы докладов VII МНТК, май 2010. – М.: ОАО «Росэнергоатом», 2010. – С. 358- 360.

20. Александров А.Б., Бабушкин А.В., Белозёров И.М., Волощук А.В. О корректировке водно-химического режима теплоносителя первого контура отечественных реакторов типа ВВЭР. / Тезисы докладов V Международной научно-практической конференции «Физико-технические проблемы атомной энергетики и промышленности», июнь 2010. – Томск: ТПУ, 2010. – С. 63.

Поступила в редакцию 26.06.2017 г.

Авторы

Витковский Сергей Леонидович, первый заместитель главного инженера по эксплуатации

E-mail: VitkovskySL@nvnpp1.rosenergoatom.ru

Данилов Анатолий Павлович, заместитель начальника химического цеха

E-mail: DanilovAP@nvnpp1.rosenergoatom.ru

Щедрин Михаил Григорьевич, начальник химического цеха

E-mail: schedrin@nvnpp1.rosenergoatom.ru

Колягина Ирина Анатольевна, начальник отдела развития ПСР

E-mail: KolyaginaIA@nvnpp1.rosenergoatom.ru

UDC 621.311

THE EXPERIENCE OF IMPLEMENTING THE DESIGN CHEMISTRY DURING THE NVNPP II-1 COMMISSIONINGVitkovsky S.L., Danilov A.P., Shchedrin M.G., Kolyagina I.A.Branch of JSC «Concern Rosenergoatom» «Novovoronezh Nuclear Power Plant»
1 Promyshlennaya zona Yuzhnaya, Novovoronezh, Voronezh reg.,
396072 Russia

ABSTRACT

The article covers the results of the design chemistry implementation during the commissioning of the innovative Unit № 1 at the Novovoronezh NPP II, equipped with the VVER-1200 reactor. The design chemistry is composed of the requirements for primary and secondary coolant quality, recirculating coolant water (including essential service water), solutions for safety systems operation as well as tools for their conditioning. Chemical water treatment plays a significant role at all stages of commissioning and low power testing. An analysis is made of essential system reactivation and cleansing stages, preliminary treatment technologies, primary and secondary circuit chemical water treatment, and radioactive water treatment. The design advantages are highlighted, such as the use of reverse osmosis as one of the stages of water treatment and high-pressure filters on the bypass purge system. Consideration is given to some problematic issues that arose in the course of the start-up operations during the re-opening of the equipment, the processing of radioactive trap water and in the recycling water supply system. The authors also analyze the design flaws and issues that may arise in the course of continuous operation and the ways to solve them: (1) provide a reference technology and equipment for the processing of radioactive drain water; (2) exclude washing with chlorinated hydrocarbons from the technology of re-opening the TG internal surfaces; (3) apply water treatment with inhibitors providing calcium transport with a value close to 100% to the circulating water supply system with a cooling tower or (4) provide liming of all additional water for southern NPPs to minimize the carbonate index.

Key words: design chemistry, chemical water treatment, preliminary treatment, radioactive water treatment, cleansing, passivation, sedimentation, reagents.

REFERENCES

1. Saakov E.S., Ryasny S.I. Commissioning of NPP power units. Moscow. Energoatomizdat Publ., 2007, 496 p. (in Russian).
2. Zmitko M., Kysela J., Marcinsky P., Bolcha J., Subrt J. Water Chemistry and Operational Experience during Hot Functional Tests at Mochovce and Temelin NPPs. *Water Chemistry of Nuclear Reactor Systems, BNES*. 2001, no. 8, pp. 476-478.
3. VVER Operational Experience – Surface Preconditioning and its Effect on Radiation Situation. Water Chemistry Improvements at NPPs, SFEN. Avignon, France, April 22-26, 2002.
4. Zmitko M. (Nuclear Research Institute, Czech Republic). Primary Water Chemistry Experience in the Czech NPPs. IAEA Regional Workshop on Impact of Water Chemistry on Primary Circuit Component Integrity South Ukraine NPP, November 17-21, 2003.
5. Susakin S.N., Brykov S.I., Zadonsky N.V., Bystrova O.S. Water-chemical regime of the primary circuit for NPPs with VVER-TOI. 8-th MNTK JSC «Concern «Rosenergoatom» «Water-chemical regime of nuclear power plants». Moscow, Oct. 23-25, 2012 (in Russian).
6. Artemiev A.M., Alibekov S.Y. Physico-chemical basis of the process of water treatment. *Zhurnal Nauchnykh Publikatsij Aspirantov i Doktorantov*. 2010, no. (52), pp. 123-124 (in Russian).
7. Verkhoshentseva N.N., Davletshina G.I. Experience in the operation of reverse osmosis plants in the systems of water treatment of power and metallurgical objects of OJSC «MMK». *Energoberezhenie i vodopodgotovka*. 2006, no. 5, pp. 25-27 (in Russian).

8. Volkov V.N., Gorbunov S.A. Modern technologies of reverse osmosis and ion exchange in water supply systems of heat supply: efficiency and ecological compatibility. *Energoberezhenie i vodopodgotovka*. 2010, no. 4 (66), pp. 13-15 (in Russian).
9. Pervov A.G., Bondarenko V.I., Balaev I.S., Kukushkin D.A. / Reverse osmosis and ion exchange: which technology will win in the water treatment of the XXI century? *Ekologiya Proizvodstva (prilozhenie Energetika)*. 2006, no. 1, pp. 1-5 (in Russian).
10. Pervov A.G., Bondarenko V.I., Zhabin G.G. Application of combined systems of reverse osmosis and ion exchange for preparation of feed water of steam boilers. *Energoberezhenie i vodopodgotovka*. 2004, no.5 (32), pp. 25-27 (in Russian).
11. Gusev B.A., Kirpikov D.A., Kostin M.M., Miroshnichenko I.V. Experience in the operation of the high purity water treatment system. Proc. of 3-rd scientific and technical meeting «Problems and prospects for the development of chemical and radio-chemical control in nuclear power engineering». September 13-15, 2007. Sosnovy Bor. FGUP «NITI n.a. A.P. Alexandrov» Publ., p. 59 (in Russian).
12. Gromov S.L., Pantelev A.A.. Increasing the efficiency of power equipment. Proc. of V-th Anniversary All-Russia Scientific and Practical Conference «Technological solutions that increase the economic efficiency and environmental safety of water treatment plants». Nov. 1-2, 2010. Ivanovo. IGEU Publ., 2010, pp. 136-143 (in Russian).
13. Tretyakova K.B. Analysis of design features of tower-type evaporative cooling towers on their thermal efficiency. VI-th All-Russian Scientific Conference with International Participation «Thermophysical Foundations of Energy Technologies». Tomsk. Tomsk Polytechnic University Publ., 2015 (in Russian).
14. RD 210.006-90 Rules for Technological Design of Nuclear Power Plants (with WWER Reactors). Moscow. Ministry of Atomic Energy and Industry of the USSR Publ., 1990, 221 p. (in Russian).
15. Bodnar Y.F. Optimization of the water-chemical regime of circulating cooling systems with granaries. *Energoberezhenie i vodopodgotovka*. 2008, no. 3, pp. 8-11 (in Russian).
16. Smiesko, J. Bystriansky, A. Szalo Use of Ethanolamine for Alkalisiation of Secondary Coolant First Experience at VVER Reactor. International Conference «Chemistry in Water Reactors», SPEEN, Avignon, France, April 22 -26, 2002.
17. Roschektaev B.M. Water-chemical regime of NPPs with VVER-1000 and BMK-1000 reactors. Textbook. Moscow. NRNU MEPhI Publ., 2010, 132 p. (in Russian).
18. Shutikov A.V., Savchenko V.E., Vigranenko Y.M., Khrustalev V.A. Ways to improve the water and chemical regime of the second circuit of the NPP with VVER-1000. *Izvestiya Tomskogo Polytekhnicheskogo Universiteta*, 2008, v. 312, no. 2, pp. 39-43 (in Russian).
19. Aleksandrov A.B., Babushkin A.V., Belozherov I.M., Voloshchuk A.V., Kritsky V.G., Lyakh A.G., Lyakhov N.Z., Magomedbekov E.P. , Muratov E.P., Potapenko V.I., Semenov A.A. On the adjustment of the water-chemical regime of the coolant of the first circuit of domestic reactors of the VVER type. Abstracts of the 7th MNTK «Safety, efficiency and economy of nuclear energy». May 2010. Moscow. JSC «Rosenergoatom» Publ., 2010, pp. 358-360 (in Russian).
20. Aleksandrov A.B., Babushkin A.V., Belozherov I.M., Voloshchuk A.V. On the adjustment of the water-chemical regime of the coolant of the first circuit of domestic reactors of the VVER type. Abstracts of the V-th International Scientific and Practical Conference «Physico-technical problems of nuclear energy and industry». June 2010. Tomsk. TPU Publ., 2010, p. 63 (in Russian).

Authors

Vitkovsky Sergey Leonidovich, First Deputy Chief Engineer

E-mail: VitkovskySL@nvnpp1.rosenergoatom.ru

Danilov Anatoly Pavlovich, Deputy Head of Chemical Department

E-mail: DanilovAP@nvnpp1.rosenergoatom.ru

Shchedrin Mikhail Grigoryevich, Head of Chemical Department

E-mail: schedrin@nvnpp1.rosenergoatom.ru

Kolyagina Irina Anatolyevna, Head of Development PSR Department

E-mail: KolyaginaIA@nvnpp1.rosenergoatom.ru